Université du Québec à Chicoutimi

PLAN DE COURS

Hiver 2011

ÉLECTROTECHNIQUE 2
(6GEI610)

Département des Sciences Appliquées
Module d'ingénierie

Professeur ***Mohand Ouhrouche, ing., Ph.D.***
Professeur titulaire
Génie électrique
Local : P4-3110
Tél. 418-545 5011 poste 5605
Courriel. Mohand_Ouhrouche@uqac.ca
http://wwwdsa.uqac.ca/~mouhrouc/

Formule pédagogique

Le cours est donné sous forme magistrale. L'étudiant doit compléter sa formation en faisant les exercices d'application proposés dans le manuel de référence obligatoire (*Stephen J., Chapman, Electric Machines Fundamentals, Fourth Edition, 2005, McGraw Hill*). Cinq séances de travaux pratiques et un projet de conception sont prévus.

Insertion du cours dans le programme

a) Programme: Génie électrique (cours obligatoire)
b) Cours préalables : 6gei510 - Électrotechnique

Objectifs généraux du cours

Rendre l'étudiant capable d'analyser, de spécifier et de concevoir un système électrotechnique. Ce cours vise également à initier l'étudiant au logiciel Matlab/Simulink/SimPowerSystems. Cet outil est à l'heure actuelle largement utilisé par les universitaires et dans la communauté des ingénieurs électriques à travers le monde pour étudier les systèmes électrotechniques et de conversion d'énergie électrique.

Objectifs spécifiques du cours

Rendre l'étudiant capable de calculer les performances des machines électriques classiques à courant alternatifs (machine synchrone et asynchrone triphasées en modes moteur et génératrice) et des machines spéciales (moteur asynchrone monophasé et moteur pas-à-pas), et d'analyser les chaînes d'entraînement à vitesse variable à courant continu (moteur à courant continu) et à courant alternatif (moteur asynchrone triphasé).

Compétences visées par le cours

Dans le cours, les étudiants développeront les compétences suivantes :

- **Analyser** des systèmes électrotechniques utilisant des machines électriques triphasées classiques (synchrone et asynchrone) et spéciales (moteur pas-à-pas et asynchrone monophasé) (réf. Qualités 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3).
- **Concevoir** un banc d'essai virtuel dans l'environnement Simulink/SymPowerSystems Blockset dans le but d'étudier les régimes transitoires et de mettre en œuvre des protections adéquates (réf. Qualités 3.1.3 et 3.14).

En parallèle aux compétences disciplinaires et professionnelles, le cours favorisera le développement des compétences suivantes :

- **Relationnelle**: travail en équipe lors des séances des travaux pratiques et lors de la réalisation du projet de conception (réf. Qualités 3.1.6).
- **Communicationnelle**: Communication des résultats de mesure (travaux pratiques) et de leur interprétation scientifique, ainsi que le livrable du projet de conception par la production de rapports techniques (réf. Qualités 3.1.7).

Contenu du cours

Cours magistraux

Les sujets suivants sont traités en détail.

- Introduction aux outils de simulation numérique en électrotechnique.
- Rappels de notions de base et introduction aux machines à courant alternatif.
- Étude de la machine synchrone : fonctionnement en génératrice.
- Étude de la machine synchrone : fonctionnement en moteur.
- Étude de la machine asynchrone triphasée : fonctionnement en moteur.
- Étude du moteur asynchrone monophasé.
- Mise en œuvre des modèles dynamiques de la machine asynchrone triphasée.
- Introduction aux entraînements à vitesse variable.
- Étude et commande d'un moteur pas-à-pas.

Laboratoire

Cinq séances de travaux pratiques sont prévues.

1. Caractéristiques d'une génératrice synchrone à pôles saillants.
2. Étude des performances d'une génératrice synchrone – Couplage au réseau.
3. Étude du moteur synchrone – compensateur synchrone.
4. Étude d'un moteur asynchrone triphasé à rotor bobiné.
5. Alimentation à fréquence variable d'un moteur asynchrone triphasé.

Projet de conception

Il s'agit de concevoir un banc d'essai virtuel dans l'environnement Matlab/Simulink/SimPowerSystems afin d'étudier les régimes transitoires d'une unité de production d'énergie, composée d'une turbine hydraulique et d'une génératrice synchrone, en présence d'un défaut ou d'une perturbation quelconque. Le banc d'essai permettrait aux ingénieurs de réseaux électriques de mettre en œuvre des protections adéquates afin d'assurer la fiabilité d'opération.
Le projet de conception doit être réalisé par des équipes de **deux étudiants**, sauf dans le cas d'une entente particulière avec le professeur. Le livrable est un logiciel documenté (fichier.txt ou autre) et accompagné d'un rapport technique dans lequel sont spécifiés les calculs théoriques et les résultats de simulation pour un fonctionnement normal, et les mesures à prendre, dans le cas de chacune des situations de défaut, afin d'assurer la continuité d'opération. Le logiciel doit aussi être documenté dans le rapport en annexe (description des blocs, mode d'emploi, …).

Plusieurs scénarios sont à considérer :

1. Perturbation sur le système d'entraînement (variation de la puissance mécanique)
2. Perturbation sur le système d'excitation (variation de la tension d'excitation)
3. Court-circuit phase-terre
4. Court-circuit phase-phase
5. Court-circuit triphasé à la terre
6. Délestage de charge.

Pour chacun des scénarios, présenter les formes d'ondes des tensions, courants, vitesse … Commenter les résultats obtenus et indiquer les mesures à prendre pour assurer la fiabilité d'opération.

Incidence sur la santé et la sécurité

Les travaux pratiques ont lieu au laboratoire d'électrotechnique (P2-2020). Les équipes doit être composées de **deux étudiants**, sauf dans le cas d'une entente particulière avec le professeur. **Il est impératif que les règles de sécurité soient scrupuleusement respectées** vu la présence des tensions élevées (consignes données lors d'une séance de familiarisation avec les équipements électriques utilisés).

Modalités d'évaluation

Examen de mi-session : 25 février de 13 :00 à 15 :30	**25 %**
Examen final (date fixée par le module d'ingénierie)	**30 %**
Travaux pratiques : 20% (#1 : **4% ;** #2 **: 4% ;** #3 **: 4% ;** #4 **: 4%;** #5 **: 4%)** **Projet de conception** : **25%**	**45 %**
Note de passage	**60 %**
• **Seul le manuel de référence est permis durant les examens**	

Grille d'évaluation des rapports de laboratoire et pénalité pour retard

Le rapport doit être rédigé conformément au Guide de rédaction d'un rapport de laboratoire. Le délai accordé à sa rédaction est de **deux semaines**. Pour être recevable, le rapport doit être remis au responsable des laboratoires durant les périodes réservées aux travaux pratiques. Les rapports remis en retard ne sont pas acceptés.

Présentation et qualité du français	**2 points**
Résumé	**1 point**
Introduction	**1 point**
Théorie (calculs et démarche scientifique)	**2 points**
Résultats expérimentaux	**8 points**
Discussions et interprétation des résultats	**5 points**
Conclusion	**1 point**
Total	**20 points**
Note : Pour l'interprétation des résultats, il ne faut pas se contenter d'observer seulement les phénomènes, mais il faut, si nécessaire, se documenter et faire des recherches pour pouvoir les interpréter correctement.	

Grille d'évaluation du rapport de projet de conception et pénalité pour retard

Logiciel Clarté (2) Fonctionnalité : performances et convivialité (4) Documentation (2)	**8 points**
Rapport Présentation et qualité du français (1) Introduction (1) Démarche scientifique : Théorie, calculs et démarche de conception (6) Discussions et interprétation des résultats (3) Conclusions et recommandations (1)	**12 points**
Note : Pour la démarche scientifique et l'interprétation des résultats, il ne faut pas se contenter d'observer seulement les phénomènes, mais il faut, si nécessaire, faire des recherches pour pouvoir les interpréter correctement.	

Date de remise du livrable : **mardi 6 avril** (au plus tard à midi). Passé ce délai, une note de zéro est automatiquement attribuée au projet.

Qualité du français écrit

Tout travail remis doit être conforme aux exigences de la politique institutionnelle en matière de maîtrise du français écrit du Manuel de Gestion (www.uqac.ca > Employés > Le manuel de gestion PDF > lien de l'index, section 3.1.1-012). **Le professeur ne corrigera pas un rapport de laboratoire ou de projet de conception qui présente des déficiences linguistiques sérieuses**. Dans ce cas, il sera demandé à l'étudiant de reprendre son travail et de resoumettre un nouveau rapport dans un délai maximal d'une semaine. Si ce délai n'est pas respecté, une note de zéro sera attribuée au travail en question.

Plagiat

Les sanctions prévues à la politique institutionnelle sur le plagiat (www.uqac.ca>Employés>Le manuel de gestion PDF > lien de l'indes, section 3.1.0-007) seront appliquées aux étudiants identifiés par le professeur ou chargé de cours.

Évaluation du cours

Ce cours sera évalué conformément à la résolution du Conseil de module lorsque l'évaluation est requise (période fixée par le module d'ingénierie).

Soutien pédagogique

Assistant

Le laboratoire sera sous la responsabilité d'un étudiant aux cycles supérieurs qui sera identifié au début de la session.

Périodes de disponibilité

Le professeur se rendra disponible à son bureau (P4-3110) en dehors des heures régulières du cours aux heures suivantes :

- Lundi, Mercredi et Vendredi de 9 :00 à 11 :00.

L'assistant de laboratoire ne sera disponible que lors de la séance de laboratoire prévue à l'horaire.

Manuel de référence (obligatoire)

Stephen J., Chapman. "Electric Machines Fundamentals", Fourth Edition, 2005, McGraw Hill.

Autres références bibliographiques

[1]. V. Del Toro, "Basic Electric Machines". 1990. Prentice-Hall.

[2]. M. Ouhrouche. "Notes de cours : 6gei610 – Électronique-2", UQAC.

Calendrier.

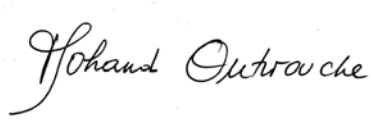
Séances de cours

Semaine	Date	Contenu
1	11 janvier	Présentation du plan de cours, Introduction au logiciel Simulink/SimPowerSystem Blockset
2	18 janvier	Rappels et introduction aux machines à courant alternatif
3	25 janvier	Étude de la génératrice synchrone à pôles lisses (régime établi)
4	1 février	Étude de la génératrice synchrone à pôles lisses (suite) et à pôles saillants
5	8 février	Étude de la génératrice synchrone (fonctionnement en réseau).
6	15 février	Génératrice synchrone en régimes transitoires – Étude du moteur synchrone
7	22 février	Étude du moteur synchrone (suite)
8	**1 mars**	**Semaine de lecture – Continuation du projet de conception**
9	8 mars	Étude du moteur asynchrone triphasé
10	15 mars	Étude du moteur asynchrone triphasé (suite)
11	22 mars	Modèle dynamique du moteur asynchrone triphasé
12	29 mars	Modèle dynamique du moteur asynchrone triphasé (suite) - Entraînements à vitesse variable
13	5 avril	Entraînements à vitesse variable
14	12 avril	Étude du moteur asynchrone monophasé
15	19 avril	Étude du moteur pas – à - pas

Séances des travaux pratiques

Séance	Date	Titre de la séance
1	21 janvier	Séance d'information – Familiarisation avec le matériel - Sécurité
2	4 février	Caractéristiques d'une génératrice synchrone à pôles saillants
3	18 février	Étude des performances d'une génératrice synchrone – Couplage au réseau
4	11 mars	Étude du moteur synchrone – compensateur synchrone
5	25 mars	Étude du moteur asynchrone triphasé à rotor bobiné
6	8 avril	Alimentation à fréquence variable d'un moteur asynchrone triphasé

Note : Chaque groupe est composé d'au plus 2 étudiants, sauf dans le cas d'une entente particulière avec le professeur.



Le professeur : Mohand Ouhrouche